

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **62183406 A**

(43) Date of publication of application: **11 . 08 . 87**

(51) Int. Cl.

**G02B 6/12**  
**G02F 1/31**

(21) Application number: **61025273**

(22) Date of filing: **07 . 02 . 86**

(71) Applicant: **NIPPON TELEGR & TELEPH CORP**  
**<NTT>**

(72) Inventor: **KAWACHI MASAO**  
**TAKATO NORIO**  
**JINGUJI KANAME**

(54) **WAVEGUIDE TYPE OPTICAL INTERFEROMETER**

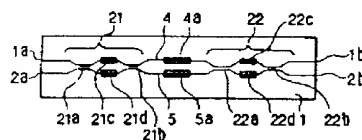
allowable accuracy of production can be extremely loosened.

(57) Abstract:

COPYRIGHT (C)1987,JPO&Japio

PURPOSE: To set up accurately a coupling ratio with a low insertion loss by forming optical phase shifters at least on one of two optical waveguides coupling between two directional couplers so that the optical length is finely adjusted.

CONSTITUTION: The two optical waveguides are constituted of quartz glass optical waveguides. Two photocoupling parts 21, 22 have quite the same constitution and form two directional couplers respectively to constitute a kind of optical interferometer. In the waveguide type optical interferometer having said constitution, it is unnecessary to set up the directional couplers 21a, 21b, 22a, 22b constituting the photocoupling parts 21, 22 accurately to 50% coupling ratio. Because the coupling ratio of the whole photocoupling parts 21, 22 can be tuned to 50% by driving the phase shifters 21c, 21d and 22c, 22d to execute fine adjustment of the optical



thereby, it is good enough to set up the coupling lengths of individual couplers 21a, 21b, 22a, 22b to 1/4 the complete coupling length or more, so that the

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭62-183406

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>G 02 B 6/12  
G 02 F 1/31

識別記号

庁内整理番号

8507-2H  
A-7348-2H

⑭ 公開 昭和62年(1987)8月11日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 導波形光干渉計

⑯ 特 願 昭61-25273

⑰ 出 願 昭61(1986)2月7日

⑱ 発 明 者 河 内 正 夫 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内

⑲ 発 明 者 高 戸 範 夫 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内

⑳ 発 明 者 神 宮 寺 要 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内

㉑ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉒ 代 理 人 弁理士 新居 正彦

## 明 細 書

1. 発明の名称 導波形光干渉計

## 2. 特許請求の範囲

(1) 基板と、該基板に設けられた2本の光導波路と、該2本の光導波路をそれぞれ光導波路の異なる位置で結合する2つの光結合部と、該2つの光結合部の間の前記光導波路に設けられ該光導波路

導波形光干渉計において、前記2つの光結合部の各々は、前記2本の光導波路をそれぞれ光導波路の異なる位置で結合するように前記基板に形成された2つの方向性結合器と、該2つの方向性結合器の間を連結している光導波路の少なくとも一方の光導波路に設けられて光路長を微調するように前記基板に形成された光位相シフタとを有することを特徴とする導波形光干渉計。

(2) 前記2つの方向性結合器の間を連結している

光導波路のそれぞれに付属して2つの光位相シフタが前記基板に形成されていることを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載の導波形光干渉計。

(3) 前記光導波路は、前記基板に形成されたガラス光導波路またはプラスチック系光導波路であり、前記方向性結合器の各々は、前記2つの光導波路がエバネッセント結合するように近接された分布結合導波路部分で構成されていることを特徴とする

形光干渉計。

(4) 前記光位相シフタは、前記2つの方向性結合器の間を連結している前記光導波路の上に形成されたヒータであることを特徴とする特許請求の範囲第(3)項記載の導波形光干渉計。

(5) 前記ヒータは、前記2つの方向性結合器の間を連結している前記光導波路を囲むクラッド層上に蒸着された金属膜であることを特徴とする特許

請求の範囲第(4)項記載の導波形光干渉計。

(6) 前記光位相シフタは、前記2つの方向性結合器の間を連結している前記光導波路の途中に設けられた液晶と、該液晶に電界を印加するための電極とから構成されていることを特徴とする特許請求の範囲第(3)項記載の導波形光干渉計。

### 3. 発明の詳細な説明

#### 産業上の利用分野

本発明は、導波形光干渉計に関するものであり、更に詳述するならば、低挿入損失で且つ結合率を正確に設定可能な導波形光干渉計に関するものである。

#### 従来の技術

2個の光結合器、例えば方向性結合器を2本の光導波路で連結して構成される光干渉計は、マッハ・ツェンダー形光干渉計とも呼ばれ、光スイッチ、光センサ及び最近では周波数多重光通信合

くとも一方を作動させれば、信号光は出力ポート1bから出射され光スイッチとして動作する。ただし、光スイッチとしての消光比特性を高めるためには、方向性結合器2、3の結合率を精度良く50%に設定する必要がある。

方向性結合器や光導波路がLiNbO<sub>3</sub>。結晶基板にTiイオンを選択的に拡散させて形成される導波形

マルチモードによる屈折率変化を利用して方向性結合器の結合率を50%にチューニングする手段を用いることができる。しかし、LiNbO<sub>3</sub>系光導波路を用いた導波形光干渉計では、光ファイバ接続損や導波路損が比較的大きく、結果として挿入損失が3〜6dB程度と大きくなる欠点があった。

光ファイバと同質の材料からなる石英系ガラス光導波路を用いて導波形光干渉計を構成すると、光ファイバ接続損や導波路損は低下するが、石英系ガラスでは電気光学効果が小さいので、初めから上記結合率が正確に50%になるように方向性結合器を石英ガラス基板あるいはシリコン基板上に

分波器に使用されている。この光干渉計は、その構成により、(1)バルク形、(2)ファイバ形、(3)導波形の3種類に分類できるが、信頼性、生産性、及びコンパクト性等の理由から、平面基板上に構成する導波形が最も望視されている。

第4図は、光スイッチへの応用を目的として構成された従来の導波形光干渉計の構成説明図である。

基板1上に形成された方向性結合器2、3は、近接した2本の光導波路からなり、その結合率はいずれも50%（完全結合長の1/2）になるように設定されている。方向性結合器2、3の間を連結する2本の光導波路4、5の光路長は、該2本の光導波路上に位置する位相シフタ4a、5aを動作させない状態で同一になるように設定されている。

入力ポート1aから入射された信号光は、上記の状態では出力ポート2bから出射されるが、光導波路4、5の間に180°光位相に相当する光路長差が生じるように位相シフタ4a、5aの少な

精度良く形成する必要があった。

しかし、方向性結合器の結合率は結合器を構成する導波路の寸法や間隔、屈折率差等にきわめて敏感であり、さらに製造条件のわずかな変化によっても結合率が大きく変化するため、正確に50%の結合率を実現することは困難であり、光干渉計としての製造歩留りがきわめて低いという根本的

#### 発明が解決しようとする問題点

このように、従来のLiNbO<sub>3</sub>系光導波路のような電気光学効果による屈折率変化を利用した導波形光干渉計では、挿入損失が大きいという問題があった。

一方、石英系ガラス光導波路を用いた導波形光干渉計では、挿入損失は改善されるものの、上述のように、上記結合率を正確に設定することは困難であった。

そこで、本発明は、低挿入損失で且つ上記結合率を正確に設定可能な導波形光干渉計を提供せん

とするものである。

#### 問題点を解決するための手段

すなわち、本発明によるならば、基板と、該基板に設けられた2本の光導波路と、該2本の光導波路をそれぞれ光導波路の異なる位置で結合する2つの光結合部と、該2つの光結合部の間の前記光導波路に設けられ該光導波路の光路長を微調する光位相シフト部とを具備する導波形光干渉計において、前記2つの光結合部の各々は、前記2本の光導波路をそれぞれ光導波路の異なる位置で結合するように前記基板に形成された2つの方向性結合器と、該2つの方向性結合器の間を連結している光導波路の少なくとも一方の光導波路に設けられて光路長を微調するように前記基板に形成された光位相シフトとから構成される。

#### 作用

以上のような本発明による導波形光干渉計においては、2つの光結合部の各々は、2本の光導波

路で連結された2つの方向性結合器と、その2つの方向性結合器の間の連結光導波路の光路長を微調整する光位相シフトとから構成されている。

従って、各光結合部がそれ自体1つの光干渉計を構成しているので、光干渉計としての原理により各光結合部の結合率をそれぞれ正確に設定できる。それ故、従来の方向性結合器では正確に50%の結合率を実現することが困難であった石英系ガラス光導波路などのガラス光導波路で、導波形光干渉計の光導波路を構成しても、結合部の結合率を正確にチューニングすることができる。

従って、石英系ガラス光導波路を用いて導波形光干渉計を構成すれば、従来のLiNbO<sub>3</sub>系光導波路を用いたものに比して、光ファイバ接続損及び導波路損が低下し、結果として挿入損失の改善が実現できる。

それ故、上記した本発明による導波形光干渉計は、挿入損失が低く、且つ光結合部の正確にチューニングされた結合率により正確な光分岐、光合分波、光スイッチ動作を実現することができる。

#### 実施例

以下添付図面を参照して本発明による導波形光干渉計の実施例を説明する。

#### 実施例1

第1図は、本発明の第1の実施例の導波形光干渉計の構成を示す概略図である。

基板1を有しており、その基板1の一方の端には光入力ポート1a及び2aが形成され、それら光入力ポート1a及び2aから2本の光導波路が互いに離れてほぼ平行に延びている。それら2本の光導波路が、エバネッセント結合するように互いに近接して形成される分布結合導波路部分が第1の方向性結合器21aを構成している。そして、その方向性結合器21aからは再び2つの光導波路に別れ、それぞれ光路長を微調する光位相シフト21c及び21dが形成されている。更に、2本の光導波路は、再びエバネッセント結合するように互いに近接した分布結合導波路部分で第2の方向性結合器21bを形

成している。これら方向性結合器21a及び21b並びに光位相シフト21c及び21dが全体として1つの光結合部21を形成する。

更に、第2の方向性結合器21bから分かれた2つの光導波路4及び5には、それぞれ光位相シフト4a及び5aが設けられており、それら光位相シフトが設けられた部分に続いて光導波路4及び

して第3の方向性結合器22aを形成している。そして、その方向性結合器22aに続き再び2つの光導波路に別れ、それぞれ光位相シフト22c及び22dが形成されている。そして更に、2本の光導波路は再びエバネッセント結合するように互いに近接して第2の方向性結合器22bを形成している。その後、光導波路は再び分かれて、光出力ポート1b及び2bまでそれぞれ延びている。これら方向性結合器22a及び22b並びに光位相シフト22c及び22dは全体としてもう1つの光結合部22を形成する。

以上の2つの光導波路は石英系ガラス光導波路

で構成される。また、光結合部21、22は全く同じ構成をとっており、以上の説明から明らかなように、それぞれ2つの方向性結合器を設けた一種の光干渉計を構成している。

従って、以上の構成の導波形光干渉計において、光結合部21、22を構成する方向性結合器21a、21b、22a、22bは必ずしも正確に50%の結合率に設定されている必要はない。位相シフト21c、21dおよび22c、22dを駆使して連結光路の光路長差を微調することにより、光結合部21、22の全体としての結合率をそれぞれ50%にチューニングできるからである。このチューニングが可能であるためには個々の方向性結合器21a、21b、22a、22bの結合率は完全結合長の少なくとも1/4を越えていれば良く、製造上の許容精度は大幅に緩和される。

このように、光結合部21、22の結合率が50%にチューニングされた第1図の光干渉計は、消光比の優れた光スイッチとして動作する。

第1図における位相シフト4a、5a、21c、

波路33a、33bは、両端において、エバネッセント結合するように近接して方向性結合器32a、32bを形成している。それら方向性結合器32a、32bの間を連結している連結光導波路上に装荷された位相シフト部は、光導波路33a、33bを加熱するために該光導波路上のクラッド層33c上に設けられたヒータ34a、34bで構成されている。ヒータ34a、34bにはリード35a、35bを介して電

21d、22c及び22dにおいて、石英系ガラス等の材料で光導波路を形成している場合には、結合率をチューニングするのに電気光学効果原理を利用することはできない。しかしながら、必要な位相シフト量は $2\pi$ 程度すなわち光路長変化として1波長程度であるので、すべての材料に見られる熱光学効果を利用することができる。石英系ガラスの熱光学係数  $dn/dT$  は $+10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 程度であるので、5mm長の石英系ガラス光導波路の温度を $20^{\circ}\text{C}$ 程度上昇させると $1\mu\text{m}$ 程度の光路長変化を得ることができる。

第2図は、温度上昇のためのヒータを石英系ガラス光導波路に装荷して位相シフトを構成した例であり、第2図aは平面図、第2図bは線分AA'における断面図を示す。

第2図に示すように、基板31上に石英系ガラスクラッド層33cが形成されており、そのクラッド層33cの中に形成された2本の石英系ガラスコア部が、2本の光導波路33a、33bを構成している。第2図において、それら2本の石英系ガラス光導

リード35aあるいは35bを通して、例えば数100mW程度の電力を印加するとヒータ34a、34bの下部の光導波路の温度が上昇し、2本の光導波路間で伝搬光に数 $\pi$ 程度の位相変化を与えることができる。すなわちリード35aあるいは35bの一方にのみ所要の電力を印加すれば2本の光導波路間に伝搬光の1波長に相当する光路長変化が生じるこ

このようにして構成した光干渉計の光スイッチとしての挿入損失は、入出力ファイバ接続損を含めて1~2dB程度、消光比は25dB以上であった。

なお、位相シフトとしては、上記の熱光学効果原理に基づくものの他、光導波路に $10\mu\text{m}$ 程度のギャップを設け液晶を封入して、適当な電極構成で液晶分子の配向を変化させることによって生じる大きな屈折率変化を利用する方法を用いることも可能である。

なお、位相シフトは、2本の光導波路間にわずかな光路長差を与えるものであるから、いずれか一方の光導波路途上の位相シフトを省略すること

光導波路33a、33bの断面寸法は光干渉計に接続すべき単一モード光ファイバのコア径に合わせて約 $10\mu\text{m}$ 程度に設定されており、クラッド層33cの厚みは通常数 $10\mu\text{m}$ である。このような石英系ガラス光導波路は、 $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{TiCl}_4$ 等の原料ガスの火炎加水分解反応によるガラス膜の堆積技術と反応性イオンエッチング技術との組合せによる周知の方法で作製できる。

ヒータ34a、34bは例えば幅 $50\mu\text{m}$ 、光導波路に沿った長さ5mmとし、厚さ $0.5\text{mm}$ 程度にNiCr金属を蒸着することにより形成することができる。

も可能である。

#### 実施例2

第3図は、本発明による導波形光干渉計を周波数多重光通信用合分波器に適用した実施例である。

第1の実施例との相違点は光導波路4、5の間に光路長差 $\Delta L$ が設けられていることである。入力ポート1a、2aから、それぞれ周波数 $f_1$ 、 $f_2$ の光信号を入射させ、上記光路長差 $\Delta L$ を特定値に設定すれば、 $f_1$ 、 $f_2$ の光信号はすべて出力端子1bに合波される。例えば、

$$\Delta f = |f_1 - f_2| = 10 \text{ GHz}$$

の場合には上記特定の光路長差 $\Delta L$ は10nm程度である。位相シフト4aあるいは5aにより光路長差 $\Delta L$ に数 $\pi$ 程度以下の変位を与え調節することにより、出力端を2bに切換えることも可能である。第3図の構成で逆方向に使用することにより分波器としての作用を持たせることもできる。

上記の動作は、光結合部21、22の結合率が正確に50%にチューニングされていることを前提とす

るが、これが確実に達成できることは実施例1の場合と同様である。

このような分合波器においては、光路長差 $\Delta L$ の異なるものを多段に接続して、さらに4波用、8波用等の合分波器を構成することもできる。

なお、第3図において、光導波路伝搬損失が無視小でないため光路長差 $\Delta L$ に起因して光干渉計全体のバランスがくずれることも想定されるが、このアンバランスは位相シフト21c、21d、22c、22dの調整により、光結合部21、22の結合率を50%よりわずかにずらすことにより吸収することができる。

以上2つの実施例において、本発明は、石英ガラス光導波路より構成される光干渉計のみならず、多成分系ガラス光導波路やプラスチック系光導波路等による導波形光干渉計に適用することもできる。

#### 発明の効果

以上の説明から明らかなように、本発明による

導波形光干渉計は、挿入損失が低く、且つ光結合部の結合率の正確なチューニングが可能である。

また、光干渉計製作時に必要とされる方向性結合器の結合率設定精度が大幅に緩和されるので、製造歩留りが大きく向上する。このことは、光スイッチマトリックスや周波数多重光合分波器等のように光干渉計を単一基板上に多数個集積して構成する場合には、特に有効である。

従って、本発明による導波形光干渉計は、光スイッチ、光センサ及び周波数多重光通信用合分波器等広い範囲にわたって活用することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明による導波形光干渉計の第1の実施例の構成を示す概略図である。

第2図は、本発明による導波形光干渉計に裝備する位相シフトの構造の1例を示す概略図であり、第2図aは、上記位相シフトの平面図を、第2図bは同じく断面図をそれぞれ示す。

第3図は、本発明による導波形光干渉計の第2

の実施例の概略図であり、周波数多重光合分波器の構成を示す。

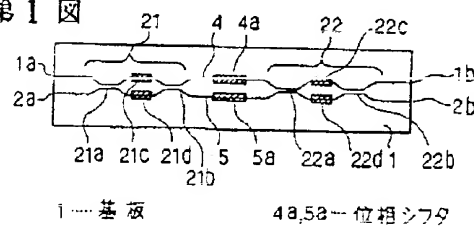
第4図は、従来の導波形光干渉計の構成概略図である。

(主な参照番号)

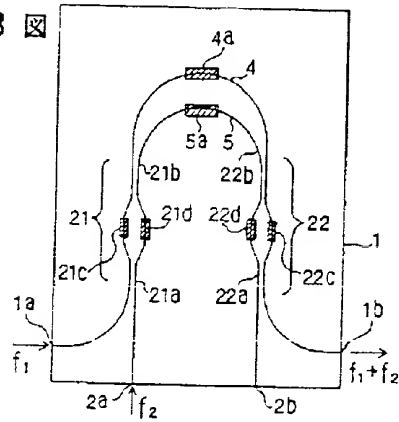
- 1・・・基板、
- 2、3・・・方向性結合器、
- 4、5・・・光導波路、1a、2a・・・入力ポート、
- 4a、5a・・・位相シフト、
- 21、22・・・光結合部、
- 21a、21b、22a、22b・・・方向性結合器、
- 21c、21d、22c、22d・・・位相シフト、
- 31・・・基板、
- 32a、32b・・・方向性結合器、
- 33a、33b・・・光導波路、33cクラッド層、
- 34a、34b・・・ヒート、
- 35a、35b・・・リード

特許出願人 日本電信電話株式会社  
代理人 弁理士 新 居 正 彦

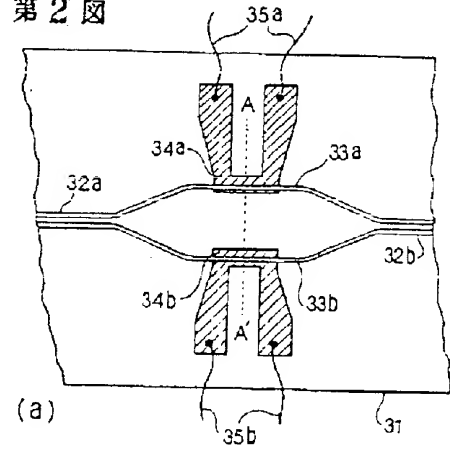
第1図



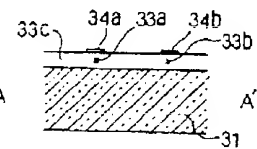
第3図



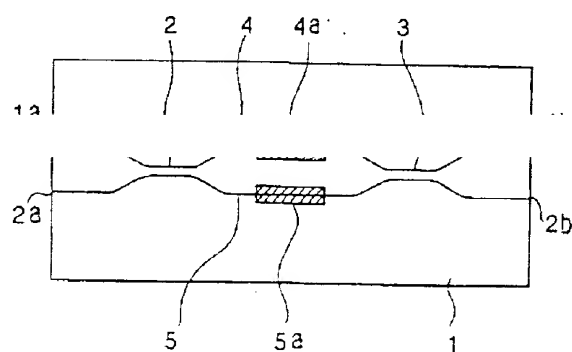
第2図



(b)



第4図



4a, 5a……位相シフタ